

сигнал будет изменяться в смещенной точке на линейном участке характеристики. При изменении зазора между магнитопроводом и постоянным магнитом на выходе модулятора будет появляться сигнал, пропорциональный изменению воздушного зазора между плоскостью постоянного магнита и плоскостями сердечника датчика.

При сигнале датчика горизонтального положения  $u_x = U_{mx} \sin(\omega t + \Psi_x)$  и вертикального  $u_y = U_{my} \sin(\omega t + \Psi_y)$  происходит расчет смещения контейнера от точки равновесия

$$U_{см} = \sqrt{U_{mx}^2 + U_{my}^2}$$

с учетом направления смещения.

*На основі аналізу стану транспортної техніки, що перебуває в експлуатації, показана необхідність розробки концепції відновлювального ремонту деталей транспортної техніки, що враховує тип сполучення й спосіб відновлення зношеної поверхні*

*Ключові слова: концепція, відновлювальний ремонт, газотермічне напилення, моделювання, оптимізація*

*На основе анализа состояния транспортной техники, находящейся в эксплуатации, показана необходимость разработки концепции восстановительного ремонта деталей транспортной техники, учитывающую тип сопряжения и способ восстановления изношенной поверхности*

*Ключевые слова – концепция, восстановительный ремонт, газотермическое напиление, моделирование, оптимизация*

*On base of the analysis of the condition of the transport technician, residing in usages, is shown need of the concept development of the reconstruction repair of the details of the transport technician, taking into account type of the interfacing and way of the reconstruction to worn-out surface*

*Key words - concept, reconstruction repair, gasothermal evaporation, modeling, optimization*

## Введение

Практика эксплуатации машин и оборудования подтверждает, что наиболее распространенной причиной их выхода из строя в 80 случаях из 100 является не

## 8. Выводы

Предложен метод контроля динамики движения контейнера при вибрационной обработке, основанный на применении группы магнитомодуляционных датчиков, расположенных у корпуса контейнера, позволяющий измерять вертикальное и горизонтальное перемещение контейнера, а также измерять амплитуду, частоту и ускорение движения контейнера.

## Литература

1. Букреев В.В., Яковенко В.В. Оптимальное проектирование железоотделителей на постоянных магнитах / В.В. Букреев, В.В. Яковенко // Технічна електродинаміка. Проблеми сучасної електротехніки. . – 2010. – Ч.2. – С. 13-15.

УДК 621.793.7

# АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ КОНЦЕПЦИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКИ

**С.А. Лузан**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра технологии машиностроения и ремонта машин  
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ул. Петровского, 25, г. Харьков, 61002

Контактный тел.: 099-790-23-79; (057) 707-36-66

E-mail: luzan1951@mail.ru

поломка, а износ и повреждение рабочих поверхностей [1, 2].

Развитие конструкций машин происходит при постоянном стремлении к увеличению их производительности, что почти всегда сопровождается по-

вышением механической и тепловой напряженности подвижных сопряжений деталей [1]. При этом ставятся задачи достижения высокой надежности и долговечности машины, снижения ее массы, сокращения расхода дефицитных материалов.

Известно, что повышение долговечности машины даже в небольшой степени ведет к значительной экономии металла, уменьшению затрат на производство запасных деталей; сокращается число и объем ремонтов, а следовательно, увеличивается количество фактически работающих машин [1].

При выборе конструктивного решения необходимо учитывать предстоящие затраты не только на изготовление машины и ее отдельных узлов, но и на обслуживание и ремонт. Последние затраты при длительной эксплуатации машины во много раз больше стоимости ее изготовления.

#### Анализ основных достижений и публикаций

В качестве примера рассмотрим данные Р.В. Кугеля о трудоемкости текущих ремонтов узлов, агрегатов и систем двух моделей грузовых автомобилей массового производства (в долях от общей суммы затрат труда, средств и материалов) табл. 1 [1].

Таблица 1

Узел, агрегат, система	Трудоемкость, час	
	Модель А	Модель Б
Двигатель с системой охлаждения и смазочной системой	36,5	41,4
Тормоза	10,9	8,6
Электрооборудование	8,6	7,6
Коробка передач	6,1	5,9
Задний мост	5,4	5,1
Сцепление	5,7	4,8
Подвеска автомобиля	8,3	7,3
Карданная передача	3,2	3,2
Рулевое управление и передняя ось	3,0	3,5
Система питания двигателя	2,9	2,9

Рама, кабина, платформа, система выпуска газов имеют показатели 2 и менее.

Из приведенных выше данных видно, что двигатель, узлы и агрегаты трансмиссии и ходовой части автомобиля поглощают более 70% трудоемкости текущих ремонтов.

Основные технико-экономические показатели двигателей транспортных средств, эксплуатирующихся в Украине, на уровне большинства зарубежных аналогов [3, 4]. Ресурс до первого капитального ремонта, установленный заводом-изготовителем, должен составлять 8000...9000 ч, т.е. при среднегодовой наработке 1000 ч двигатель будет работать без капитального ремонта 8...9 лет – срок, практически равный амортизационному сроку службы транспортной техники и их нормативам надежности [3, 4]. На самом деле, в процессе реальной эксплуатации происходит значительное снижение мощностно-экономических показателей двигателей. Так по имеющимся данным, фактические

средние наработки до ремонта для двигателей КамАЗ-740 составляют 110-160 тыс. км., а между ремонтами 50-70 тыс. км для различных условий эксплуатации и сроков выпуска двигателей, тогда как ГОСТ 23465-79 [5] устанавливает ресурс до капитального ремонта не менее 350 тыс. км – для двигателей с рабочим объемом до 11 л и 200 тыс. км – для двигателей сельскохозяйственного назначения того же объема, т.е. фактические наработки двигателей до ремонта существенно ниже нормативного.

Характер распределения отказов (поломок) новых и отремонтированных двигателей по мере увеличения наработки показывает, что наибольшая их интенсивность проявляется в первоначальный период эксплуатации. По данным работ [6, 7] установлено увеличение отказов при наработках 100...300 ч, в дальнейшем число отказов снижается.

Известно, что на поддержание работоспособности тракторов за срок их службы затрачивается средств в 3 – 4 раза больше, чем на их изготовление. При этом 60-80% этих средств расходуется на устранение отказов и неисправностей [8].

До 1990 года Украина ежегодно приобретала около 52 тысяч тракторов, и парк тракторов составлял 495 тысяч машин [9]. В связи со спадом производства уже 2005 году в сельскохозяйственных предприятиях Украины было 194,92 тысячи тракторов всех марок.

Таким образом, за 15 лет выпуск тракторов сократился больше чем в 30 раз, а 2009 году более чем в 100 раз. Процент использования производственных мощностей тракторных заводов также снизился с 93% в 1985 году до 5,2% в 1997 году. А в 2009 году производственные мощности предприятий были загружены до 2% [9]. В связи с этим в настоящее время в эксплуатации удельный вес тракторов выпущенных до 1985 года достигает 25%, выпущенных в 1986-1990 годах – 42%. Больше половины тракторов, которые имеются в наличии, были выпущены около 20 лет назад.

Так, например, количество тракторов марки «ЮМЗ», которые находятся в хозяйствах Украины, составляет около 50 тысяч штук. Из них больше половины требует капитального ремонта. И если не предпринять соответствующие меры, то к 2015 году они останутся в единичных экземплярах в хозяйствах Украины. Несколько лучше ситуация с тракторами «ХТЗ», однако за 8 месяцев 2009 года хозяйствами Украины было приобретено всего 150 штук этих тракторов [9]. Учитывая сложившуюся экономическую ситуацию нужны новые системные подходы к увеличению ресурса машин путем восстановления деталей определяющих их ресурс.

Как показывает опыт производства тракторов на ведущих заводах СНГ, изначально создавать конструкцию с высоким уровнем надежности достаточно сложно.

В соответствии ДСТУ 2863-94 программа по обеспечению надежности должна содержать этап разработки нормативов долговечности, безотказности, ремонтопригодности. Это основа управления процессом обеспечения требуемой надежности.

В монографии [8] на основе анализа влияния ряда факторов: нагрузки, частоты вращения, степе-

ни загрязнения смазочной среды, конструктивных особенностей узлов, сопряжений на интенсивность изнашивания и динамику накопления усталостных повреждений, а также с учётом накопленного опыта повышения работоспособности деталей и узлов на Харьковском тракторном заводе была определена номенклатура деталей шасси колесных тракторов типа Т-150К требующих повышения долговечности. Номенклатура содержит 36 деталей. Преобладающие виды повреждений: износ – 33 детали, питтинг зубьев – 2 детали, спекание втулки с валом – 1 деталь. Если проанализировать выбранные возможные пути повышения долговечности, то на долю упрочняющих технологий приходится 9 деталей (плазменное напыление – 3 дет., химико-термическое упрочнение – 3 дет., лазерное упрочнение – 3 дет.), что составляет более 27%, а среди них плазменное напыление и лазерное упрочнение занимают объем 67%.

На основе вышеизложенного следует, что проблема разработки концепции восстановительного ремонта транспортной техники, обеспечивающей повышение качества восстанавливаемых деталей газотермическими методами актуальна.

**Формулировка целей статьи**

На основе анализа состояния транспортной техники в процессе эксплуатации предложить содержание концепции восстановительного ремонта транспортной техники.

**Основной материал**

Для разработки концепции восстановительного ремонта транспортной техники представим структурную схему транспортного средства в следующем виде, рис. 1:

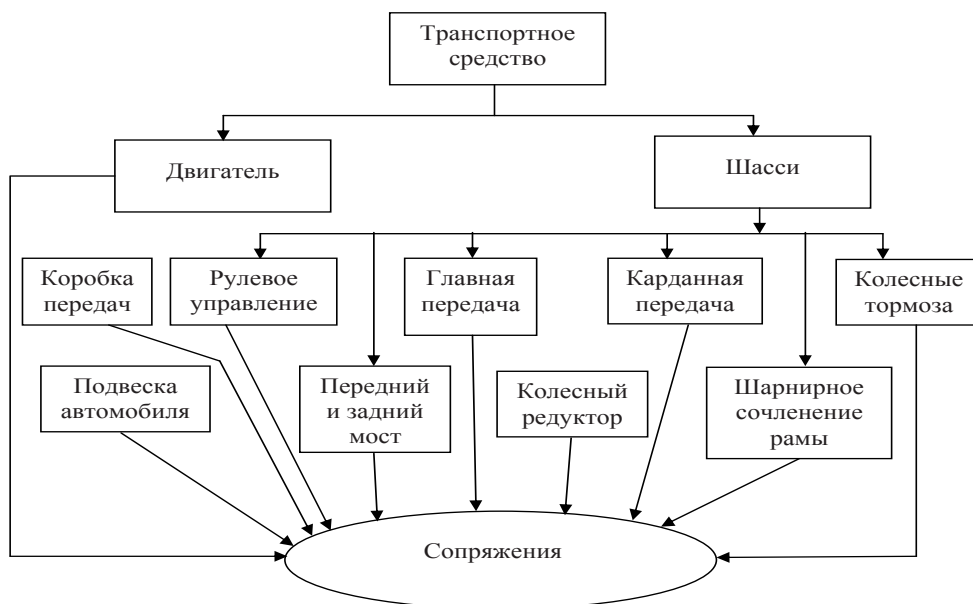


Рис. 1. Структурная схема транспортного средства

Типовые сопряжения основных узлов транспортного средства:

- двигателя: шейка коленчатого вала – вкладыш подшипника скольжения, детали цилиндра – поршневой группы, маховик – диск сцепления;
- коробки передач: опора – подшипник качения, шейка вала – внутреннее кольцо подшипника, гнездо корпуса и стакана – наружное кольцо подшипника, стакан – корпус, зубчатое колесо – зубчатое колесо; шлицевые соединения вал – шестерня, втулка;
- главной передачи: ведущая и ведомая конические шестерни, подшипник – гнездо корпуса главной передачи, шлицы фланца – ведущая шестерня, сателлит – опорная шайба;
- карданной передачи: крестовины кардана – брилелирование шипов, подшипник – шейка вала, игольчатый подшипник - гнездо под подшипник;
- передний и задний мост: полуось - внутреннее кольцо подшипника, полуось – уплотняющая манжета, шлицы полуоси – шлицы редуктора главной передачи;
- колесные тормоза: тормозной барабан – тормозная колодка, ось колодки – втулка;
- подвеска автомобиля: шкворень – втулка рычага.

Из перечня видно, что типовые сопряжения представляют собой ни что другое, как созданные в процессе разработки конструкции трибологические системы, от долговечности работы которых зависит ресурс транспортной техники. Узлами трения, определяющими ресурс машины, являются узлы, содержащие пары трения скольжения и качения, а также подвижные неразъемные фрикционные соединения.

Среди стратегий эксплуатации машин и оборудования наиболее прогрессивной считается эксплуатация техники по текущему состоянию, при которой управляющие ремонтное воздействие на работающее изделие формируется на базе накопленной информации, полученной в результате мониторинга его текущего состояния. Допускается длительная эксплуатация транспортных техники, в связи с экономией средств, без своевременного ремонта, которая приводит к тому, что

детали, определяющие ресурс работы машин, зачастую имеют величины износов близкие к критическим.

При сложившейся ситуации необходимо разработать систему восстановительного ремонта деталей транспортной техники, учитывающую тип сопряжения и способ восстановления изношенной поверхности, разработку технологической документации, обеспечивающей получение заданного качества восстановленной поверхности детали, подготовку квалифицированных специалистов.

Основой такой системы должна быть концепция восстановительного ремонта транспортной техники, представляющей собой систему правил, обеспечивающих управление качеством восстанавливаемых поверхностей деталей в процессе ремонта.

Под управлением качеством восстанавливаемых деталей в процессе ремонта понимается функция логистически организованных систем структурно объединенных для обеспечения разработанных программ и поставленных задач увеличения жизненного цикла транспортной техники.

Управление как система состоит из подсистем:

- обоснование цели;
- технологии, обеспечивающие достижение цели;
- принципы определения технологий для оптимального достижения цели.

Этапы управления качеством восстанавливаемых деталей при ремонте:

- накопление информации о динамике изнашивания, характере повреждений, определение номенклатуры повреждаемых деталей;
- систематизация видов сопряжений, их конструктивных особенностей и условий эксплуатации;
- определение способа восстановления изношенных поверхностей деталей, разработка технологии восстановления;
- организация выполнения работ по восстановлению деталей;
- сбор и обработка информации о результатах работы восстановленных деталей;
- корректировка технологии восстановления по результатам их работы в эксплуатации.

В настоящее время при ремонте транспортной техники применяется достаточно большое количество способов восстановления изношенных деталей. Каждый метод характеризуется определенными преимуществами и недостатками, имеет свою область применения. Восстановительные технологии зачастую требуют применения специального оборудования и материалов. Например, для газопламенного напыления покрытий необходимо иметь специальную установку и материалы в виде порошка или проволоки. Поэтому проблема разработки научно обоснованной концепции восстановительного ремонта транспортной техники является актуальной, способствующей решению задач энерго-ресурсосбережения.

В общем виде любая технология восстановления состоит из следующих операций: подготовка детали, подготовка восстанавливаемой поверхности, подготовка материалов покрытия, нанесение покрытия, механическая обработка. Для выполнения этих операций в плане общей концепции восстановительного ремонта применяется ряд технологических способов. Необходимо отметить, что разработка технологических процессов на конкретные детали и оптимизация технологических параметров является необходимой составляющей концепции восстановительного ремонта. Решение этой многофакторной задачи обеспечит получение восстановленных поверхностей заданного качества: износостойкость, твердость, пористость, прочность сцепления покрытия с основой и др.

Теоретические основы концепции восстановительного ремонта транспортной техники должны

основываться на системном подходе, объединяющем выдвижение концепции, этапы проектирования и разработки, восстановления и установки, эксплуатации и с применением современных научных принципов производственной логистики, теории принятия решений, моделирования и оптимизации технологических процессов, методов получения прямой и косвенной экономии. Разработка концепции восстановительного ремонта транспортной техники является многоэтапным процессом включающим изучение технического состояния деталей узлов и агрегатов транспортной техники, поступающих в капитальный ремонт; определение предельных и допустимых износов; обобщения требований к типовым деталям; формирование функциональных моделей технологии ремонта, предусматривающих применение комбинации с целью повышения качества восстановленных деталей; выбор способа восстановления; разработку и оптимизацию технологических процессов; оформление технической документации на восстанавливаемую деталь.

В настоящее время систематических теоретических разработок, обобщающей методологии в области восстановительного ремонта транспортной техники, нет. В основном выполнены работы посвященные решению частных задач разработке или совершенствованию технологии восстановления деталей машин и технологической оснастки, а также применяемых материалов покрытий.

---

### Выводы

---

Анализ состояния транспортной техники, находящейся в эксплуатации, показал необходимость разработки системы восстановительного ремонта деталей транспортной техники, учитывающую тип сопряжения и способ восстановления изношенной поверхности, разработку технологической документации, обеспечивающей получение заданного качества восстановленной поверхности детали, подготовку квалифицированных специалистов.

Основой такой системы должна быть концепция восстановительного ремонта транспортной техники, представляющей собой систему правил, обеспечивающих управление качеством восстанавливаемых поверхностей деталей в процессе ремонта.

---

### Литература

1. Гаркунов, Д.Н. Триботехника (конструирование, изготовление и эксплуатация машин) [Текст] / Д.Н. Гаркунов. – М.: "Издательство МСХА", 2002. - 632 с.
2. Хебды, М. Теоретические основы [Текст] : Том 1, Справочник по триботехнике в трех томах / М. Хебды, А.В. Чичинадзе; М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.
3. Сковородин, В.Я. Справочная книга по надежности сельскохозяйственной техники [Текст] / В.Я. Сковородин, Л.В. Тишкин. – Л.: Лениздат, 1985. – 204 с.
4. Millar, G.H. Diesel development in perspective [Text] / G.H. Millar // Diesel Progress of North America. – 1995. - №7. – P. 44-46.

5. ГОСТ 23465-79 Дизели автомобильные. Общие технические условия [Текст]. - Введ. 1980-01-01. - М.: Изд-во стандартов, 1979 - 6 с.
6. Кухтов, В.Г. Классификатор отказов трактора Т-150 [Текст] / В.Г. Кухтов, В.П. Важаев, Большагин Ю.А. - М.: НПО НАТИ, 1992. - 39 с.
7. Кухтов, В.Г. Определение содержания и объемов работ при техническом сервисе [Текст] / В.Г. Кухтов, А.С. Полянский // Техника АПК. - 2001. - №1-2. - С. 13-18.
8. Кухтов, В.Г. Долговечность деталей шасси колёсных тракторов [Текст] / В.Г. Кухтов. - Харьков: ХНАДУ, 2004. - 292 с.
9. Кривоконь, О.Г. Стан тракторобудування в Україні. Проблемні питання подальшого розвитку галузі та шляхи їх регулювання [Текст] / О.Г. Кривоконь, А.А. Макалей // Весник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск «Автомобиле- и тракторостроение». - Харьков: НТУ «ХПИ». - 2010. - №1. - С. 3-7.

УДК 004.896.378.4

*Розроблено математичну модель розрахунку складної еліпсоподібної траєкторії маніпулятора на основі систем рівнянь Лагранжа*

*Ключові слова: робот, маніпулятор, аналітична динаміка, система рівнянь Лагранжа, математична модель*

---

*Разработана математическая модель расчета сложной эллипсообразной траектории манипулятора на основе систем уравнений Лагранжа*

*Ключевые слова: робот, манипулятор, аналитическая динамика, система уравнений Лагранжа, математическая модель*

---

*A mathematical model for calculating the complex elliptic manipulator trajectory based on the systems of equations of Lagrange is developed*

*Keywords: robot manipulator, analytical dynamics, the system of Lagrange equations, mathematical model*

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСЧЕТА СЛОЖНОЙ ТРАЕКТОРИИ МАНИПУЛЯТОРА НА ОСНОВЕ СИСТЕМ УРАВНЕНИЙ ЛАГРАНЖА 2-ГО РОДА

**А.Д. Бурченко\***  
 Контактный тел.: 050-470-09-68  
 E-mail: burchenko.oleksandr@fcs.snu.edu.ua

**М.Д. Солодовник**  
 Кандидат физико-математических наук, доцент\*  
 \*Кафедра теоретической и прикладной механики  
 Восточнoукраинский национальный университет  
 имени В.Даля  
 кв. Молодежный, 20А; г. Луганск, Украина, 91034

## 1. Введение

Применение роботов вызвано не только повышением эффективности производства, но и обеспечением жизнедеятельности человека (исключение работы персонала в агрессивных средах и т.п.). Начиная со второго курса, когда студенты освоили основные разделы высшей математики и аналитической динамики [2]

учебными планами соответствующих специальностей предусматривается знакомство с простейшими манипуляторами и их кинематическими и динамическими характеристиками. В качестве примера рассматривается манипулятор рис. 1, в котором:

- жесткий угольник АВ массой  $m_2$  может поступательно перемещаться вдоль оси Y ( $s$  – переменная величина, зависящая от времени  $t$ );